

Cámara de presión

Gabriel Sellés V., Raúl Ferreyra E., Patricio Maldonado B. INIA

Agosto 2002.

Instrumento para controlar el riego midiendo el estado hídrico de las plantas

Introducción:

El manejo y control del riego se realiza normalmente a través de técnicas que permiten determinar la humedad en la zona de las raíces (tensiómetro, aspersor de neutrones, TDR). Sin embargo, más apropiado que medir el estado hídrico del suelo es evaluar el estado hídrico de las plantas, a través de mediciones del potencial hídrico. En California cada vez más productores utilizan este tipo de mediciones como ayuda para manejar y controlar el riego, empleando para ello una cámara de presión. El potencial hídrico es una integración de la demanda evaporativa de la atmósfera y de la disponibilidad de agua en el conjunto de suelo explorado por el sistema radicular de las plantas. Esto último no se logra cuando se realizan mediciones directas al suelo, ya sea con tensiómetros u otros instrumentos más sofisticados (TDR, FDR ect), donde el volumen de suelo analizado es pequeño y no siempre coincide con las zonas de mayor desarrollo de raíces, donde se realiza la extracción más importante de agua. Las mediciones de carácter puntual que realizan los instrumentos que miden la humedad de suelo puede conducir a errores en la estimación del agua disponible para la planta, sobre todo en riego localizado (goteo, microaspersión), ya que el bulbo de mojado presenta variaciones importantes del contenido de humedad, que van desde saturación bajo el emisor, hasta suelo seco en el límite del bulbo húmedo. Por otra parte, la medición del potencial hídrico es una forma confiable para controlar la magnitud del estrés hídrico, manejo que se utiliza en algunas especies frutales, como por ejemplo en vides para vino, con el fin de obtener un producto de alta calidad.

El potencial hídrico se mide con una cámara de presión, que en términos simples, mide la "la presión sanguínea" de la planta. Por supuesto, en la planta circula agua en lugar de sangre, y la presión en su interior corresponde a una tensión (presión negativa) producto de la evaporación del agua desde las hojas. El agua se mueve dentro de la planta principalmente a través de muy pequeñas células interconectadas, que colectivamente se llama xilema, que llevan agua de las raíces a las hojas, siendo la evaporación del agua desde las hojas lo que provoca la fuerza motriz que hace circular el agua. Por lo tanto, el agua en la planta está bajo succión y su magnitud no es constante, varía en la medida que aumenta la transpiración de la planta o bien disminuye la humedad del suelo explorado por el sistema radicular. A menor disponibilidad de agua en el suelo mayor es la tensión del agua en la planta. En otras palabras, el potencial hídrico disminuye.



Gabriel Sellés V., Raúl Ferreyra E., Patricio Maldonado B. INIA

En la figura 1 se presenta un esquema de la cámara de presión. La cámara de presión es un dispositivo de acero, con un manómetro en su parte exterior, que permite aplicar presión a una hoja (o un brote pequeño).

La hoja se coloca en su interior, con el peciolo hacia el exterior, a través de un orificio. La cantidad de presión que se necesita para que el agua aparezca por el peciolo indica cuál es la tensión, o potencial hídrico xilemático, del agua en la hoja. La presión al interior de la cámara se mide en un manómetro y se provoca inyectando nitrógeno gas, desde un balón que contiene este elemento a alta presión. Un valor elevado de presión medido en la cámara corresponde a un valor alto de tensión y a un grado alto de estrés hídrico. Las unidades de presión que la mayoría normalmente usa es el Bar (1 Bar @ 1 atmósfera @ 1 kg/cm² = 14.5 libras por la pulgada del cuadrado (PSI) @ 10 m.c.a) y el Mega Pascal (1 MPa = 10 bares). En la práctica, sin embargo, el único factor importante para el operador de una cámara de presión es reconocer la presión del "punto final" que es cuando el agua apenas empieza a aparecer por el extremo cortado del peciolo de la hoja en el exterior de la cámara. Existen cámaras de presión de distinta procedencia (Australia, USA), **sin embargo es posible de construir en el país, en una maestranza que cuenta con un modelo a copiar, con un costo aproximado a los \$ 500.000.**



Figura 1. Esquema de la cámara de presión.

Dado que la presión medida en el "punto final" corresponde a la tensión del agua en la hoja, el valor obtenido se considera negativo, y corresponde al potencial hídrico xilemático. Mientras más negativo es el potencial hídrico xilemático mayor es el déficit hídrico o estrés que presenta la planta.

2. factores que influyen en la medición del potencial hídrico

Además de la técnica de medición hay otros factores que pueden influir en la medición del potencial hídrico del árbol.



Foto1. Cámara de presión.

2.1 Factor relacionado con la hoja: El aspecto más importante es la ubicación de la hoja dentro de la corona del árbol. Durante el día, las hojas expuestas al sol perderán agua en una proporción más rápida que las hojas sombreadas, por lo tanto las hojas soleadas tendrán un potencial hídrico más negativo que las hojas sombreadas. Para reducir la variabilidad de las mediciones se deben cubrir las hojas a medir unas dos horas antes de cortarlas. Al cubrir la hoja se detiene el proceso de pérdida de agua y el potencial hídrico de esa hoja se iguala con el potencial hídrico de la ramilla donde está inserta. La hoja se cubre con una bolsa plástica para evitar la pérdida de agua, y luego se envuelve con papel de aluminio (Alusa foil) que refleja la luz disminuyendo el calentamiento de la hoja. El potencial hídrico que se mide en estas condiciones se denomina **potencial hídrico xilemático**.

La mayor ventaja de medir el potencial hídrico xilemático de la forma indicada, es la uniformidad de los datos obtenidos dentro de diferentes partes de la corona del árbol. El tipo, tamaño, forma y condición fisiológica de la hoja (estado nutritivo) no influye en la medición del potencial hídrico xilemático. La altura de la hoja dentro del árbol tiene un pequeño efecto sobre los valores medidos. Las que se ubican cerca de la base del tronco (más cerca de las raíces) muestran un potencial hídrico xilemático ligeramente menos negativo que las hojas ubicadas a mayor altura. La posición de la hoja recomendada en árboles es en el interior del dosel más bajo, cerca del tronco o brazos principales.



Foto 2. Hoja cubierta con bolsa plástica y Alusa foil.

2.2 Condiciones relacionadas con el árbol. No todas las especies tienen una misma estructura foliar, hay especies que presentan un mayor control sobre la pérdida de agua que otras, por lo cual el potencial hídrico puede variar entre ellas. Sin embargo, un aspecto determinante para todas las especies es la sanidad del sistema radicular. Una pobre sanidad del sistema radicular causará que el potencial hídrico xilemático sea más negativo que plantas sanas, incluso bajo las condiciones de suelo húmedo. En el proceso de absorción de agua por las raíces cualquier factor que influya en su sanidad, como daños físicos, plagas, enfermedades, o la pobre aireación del suelo, reducirá la habilidad de raíces de absorber agua, y causará que el potencial hídrico xilemático sea más negativo que en las plantas sanas. Por lo tanto, para que las mediciones que se realicen sean representativas, hay que realizarlas sobre plantas sanas.

2.3 Las condiciones climáticas: Las condiciones climáticas y la hora del día tienen gran influencia la magnitud del potencial hídrico que se mida. Aparte de la disponibilidad de agua en el suelo, lo afectan la cantidad de radiación solar, la temperatura del aire y humedad relativa. Es recomendable realizar la medición siempre en días despejados entre las 14 y 16 hrs.

En el cuadro 1 se presentan valores de potencial hídrico xilemático (hojas cubiertas) medidos en plantas sanas y bien regadas. Los valores fueron medidos en días despejados entre las 14 y 16 hrs. Para la mayor parte de las especies los valores de potencial hídrico xilemático en plantas bien regadas fluctúan entre —7 y —10 bares.

Los valores más negativos del cuadro 1 pueden ser encontrado en plantas regadas por goteo o microaspersión con insuficientes área de suelo mojada, donde raíces permanecen en zonas con poca

humedad. Cuando las plantas presentan valores más negativos que los informados en el cuadro 1 normalmente hay detención del crecimiento de los brotes, cierre estomático y se afecta la fotosíntesis.

La información obtenida con la cámara de presión puede ser utilizada para corregir programas de riego existentes, aumentando o disminuyendo las frecuencias y/o los tiempos de riego, para mantener las plantas en torno a los valores que se presentan en el cuadro 1, y también para definir el nivel máximo de estrés a la cual se pueden llevar las plantas cuando se realizan manejos especiales para fines de calidad, como en el caso de la vid para vinos.

Cuadro N° 1

Valores de potencial hídrico xilemático medido a medio día en árboles bien regados en la zona Central de Chile

Especies	Plantas con suministro de agua Normal	
Durazno tardío (Santiago)	-7	-10
Ciruelo ((San Fernando))	-7	-10
Almendro (California)	-6	-10
Nogales (Los Andes)	-5	-8
Paltos (Quillotas)	-5	-8
Vides mesa Thompson Seedless (San Felipe)	-6	-9
Vides de mesa Flame Seedless (Nancagua)	-6,5	-9
Vides de mesa Crimson Seedless (Nancagua)	-7	-9
Vides vino Cabernet Sauvignon (Valle del Maipo)	-7	-10
Vides vino Chardonay (Casablanca)	-5	-9
Olivos (San Felipe)	-11	-16

* Los datos para Almendro son de California, USA.

3. funcionamiento y uso de la cámara de presión

3.1 Definiciones: Para realizar las mediciones se utilizan hojas o ramillas. Las ramillas se utilizan en plantas con hojas muy pequeñas y de tallo corto, como es el caso de los olivos. Cuando la hoja se ha cubierto por un tiempo largo para prevenir pérdida de agua y permitir equilibrio hídrico entre la hoja y la rama que la sostiene (nosotros recomendamos 2 horas) la medida de potencial hídrico se llama "potencial hídrico xilemático" y cuando se mide sin cubrir o inmediatamente cubierta se llama "Potencial hídrico de la hoja". El potencial hídrico xilemático, es más sensible a la falta de humedad del suelo y menos influido con condiciones ambientales que el potencial hídrico foliar.

3.2 Selección de árboles para medición: El número de árboles que deben medirse con la cámara de presión dependerá de varios factores, pero 10 árboles es más que razonable para un bloque de riego homogéneo de hasta 25 há. Es mejor escoger los árboles a principios de temporada y realizar las mediciones en ellos durante toda la temporada. Si hay áreas del bloque de riego con suelos diferentes, como capas de arenosas o si hay diferencias en el mojamamiento del suelo relacionada con sistema de riego (ej., diferencia de mojamamiento entre el inicio y final del surco o diferencias de mojamamiento por presiones altas y bajas en un sistema presurizado), el agricultor debe decidir qué árboles serán los mejores indicadores de la situación promedio. Si los suelos del huerto son muy heterogéneos hay que seleccionar árboles que representen esta variación. Para huertos muy uniformes tres árboles pueden ser suficiente. Se recomienda realizar mediciones cada dos días, pero después de un poco de experiencia, los agricultores pueden encontrar que las mediciones pueden distanciarse.

3.3 Selección y cubrimiento de la hoja: Al momento de envolver la hoja debe estar seca (sin rocío), y en lo posible a la sombra desde que se envuelve hasta la medición. La luz directa del sol en el hoja envuelta puede causar condensación de agua en el interior y puede hidratar la hoja artificialmente.

3.4 Recolección de las hojas: Para realizar la medición de potencial hídrico es necesario desprender la hoja del árbol. Esto se debe realizar con cuidado, y luego recortar en forma recta el peciolo de la hoja, con una hoja de afeitar afilada. También se puede separar la hoja cortándola directamente por el peciolo con la hoja de afeitar. El tiempo que pase entre que se corta la hoja del árbol y se realiza la medición en la cámara no debe ser muy largo, la medición se debe realizar dentro de los dos minutos de realizado el corte. Tiempos más largos provocan deshidratación de las hojas, y aunque esta sea mínima, afecta notablemente las lecturas de potencial xilemático que se realicen. Por lo tanto no se recomienda realizar una "recolección de hojas" para medirlas posteriormente.

3.5 Medición: Una vez desprendida la hoja del árbol, el peciolo de la hoja se inserta a través del sello (tapón de goma), el que luego es puesto en la tapa de la cámara, quedando aproximadamente 1 mm de peciolo asomado fuera de esta. Luego la tapa con la hoja sujeta por el peciolo se pone en el interior de la cámara y se cierra. Como ya se ha indicado el tiempo desde que se saca la hoja del árbol y se realiza la medición debe ser inferior a dos minutos. Es importante que la hoja quede bien apretada por el sello de goma, para evitar la fuga de gas al momento de aplicar presión.

Procesos que se ven afectados por el estrés hídrico

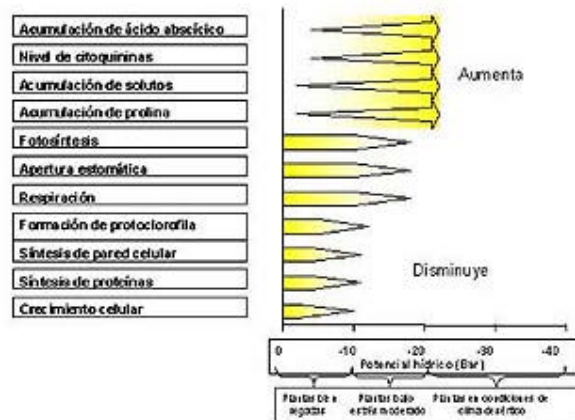


Figura 2. Potenciales hídricos a partir de los cuales se afectan diferentes procesos fisiológicos en las plantas.

Cuando la hoja esté en interior de la cámara cerrada, se inyecta gas de nitrógeno para aumentar la presión en su interior. Esta operación se debe hacer con cuidado, de manera que la presión dentro de la cámara aumente lentamente. Se aumenta la presión al interior de la cámara hasta que se observe que una gota de agua empieza a salir del xilema de la hoja por el extremo expuesto de peciolo (en el exterior de la cámara). Este momento se llama el "**punto final**". La presión que registra el manómetro de la cámara en este momento corresponde al potencial hídrico xilemático. La aparición del agua se detecta visualmente, observando el extremo del peciolo con una lupa manual. El agua que sale de la superficie del corte del peciolo parece agua saliendo desde una superficie porosa, y poco antes que esto ocurra se observa un ligero cambio de color del tejido, poniéndose más cristalino

Normalmente, la presión a la que el agua aparece en el extremo del peciolo está muy definida, no hay grandes diferencias entre la presión cuando el agua esta empezando a salir (primera gota) o cuando sale en mayor cantidad. El punto final optimo es donde un aumento pequeño en presión (0.2 bares) causan un aumento notable en el flujo de agua en el extremo cortado, y donde una disminución en la presión (a veces esto necesita ser más de 1 bar) causan que el agua desaparezca rápidamente en el peciolo.

Si no se está seguro del valor medido, se puede repetir la lectura sobre la misma hoja, sin sacarla de la cámara. Para ello se baja la presión dentro de la cámara, purgando un poco de nitrógeno hacia el exterior, hasta que el agua desaparezca del extremo del peciolo y luego se aumenta lentamente la presión. Se debe conseguir casi el mismo valor de "punto final". Cuando se realizan repeticiones de lecturas entre varias hojas adyacentes, ubicadas en el mismo brote o dardo, normalmente los valores







medidos no difieren en más de 0,3 bares. Esta es una buena forma de verificar la reproducibilidad de la medición o comparar los efectos de diferentes técnicas o operadores.

3.6 Problemas: Hay dos problemas comunes que pueden dificultar descubrir el punto final: Uno de ellos es el burbujeo y la aparición de agua no xilemática. Si hay rotura en la hoja que está dentro de la cámara, se puede introducir aire por la parte dañada, empujando agua de otros tejidos hacia el extremo del peciolo a través del xilema el cual sale por el extremo cortado y se produce un burbujeo que corresponde a la salida de aire. Si esto sucede se puede detener la presurización temporalmente y secar la superficie cortada. Con esta labor el agua sobre el peciolo debe dejar del burbujeo, y se continúa con el aumento de presión. Si la superficie cortada se remoja y empieza a burbujear inmediatamente después, entonces usted está (o se puede haber pasado) en el "punto final". Normalmente si se detecta este tipo de problema por rotura de la hoja es mejor realizar la medición en otra hoja.

La aparición de agua no xilemática puede ocurrir también cuando se presiona el peciolo en el sello y sale agua por el extremo cortado. Si se piensa que es el punto final, se anota la presión, luego se seca el extremo cortado y se aumenta la presión un poco. Si más agua sale de la superficie cortada, entonces probablemente era el punto final, pero si permanece seco, entonces era agua no xilemática. Algunas especies de plantas tienen resinas o otros materiales que pueden salir del peciolo cuando la hoja se presuriza, pero éstos salen típicamente de otro tejido diferente al xilema: Un buen conocimiento de la anatomía de la hoja puede ayudar para que el operador discerna la diferencia entre el punto final correcto (agua del xilema) y la apariencia de estos otros fluidos.

3.7 Reproducibilidad: Dos o más hojas en el mismo árbol deben dar lecturas casi idénticas, con una variaciones de aproximadamente 0.2 a 0.3 bares. Esta es una buena práctica para verificar la reproducibilidad de la medida. Sin embargo, con experiencia, sólo una hoja por árbol es necesaria. También se puede verificar la exactitud de la medición al volver a medir la misma hoja. Esto se hace de la siguiente manera: una vez que se obtuvo el primer punto final se reduce bastante la presión, con lo cual, el agua desaparece del peciolo, y luego se vuelve a aumentar la presión hasta ver el nuevo punto final. Sin embargo entre árboles distintos se pueden dar lecturas diferentes reflejando diferencias reales en el potencial hídrico entre plantas, por lo cual es importante guardar los datos de cada árbol separadamente. Sin embargo en sectores homogéneos la variación entre plantas son del orden de un bar.

Finalmente es necesario tener presente que el uso de la cámara de presión involucran un cierto nivel de riesgo en su operación, debido a que se utiliza gas a alta de presión. Por lo cual, los operadores deben observar las precauciones de seguridad en su manejo y revisar permanente mente las conexiones de la cámara. **(Contacto: INIA La Platina, fono: 02-5417223)**

MEDICIÓN PASO A PASO			
			
1. Introducir el peciolo en el tapón.	2. Introducir la hoja en la cámara.	3. Dejar un extremo del peciolo en el exterior.	4. Meter la hoja eb la cámara.
			
5. Cerrar y comenzar a introducir gas.	6. Peciolo antes del "punto final".	7. Peciolo después del punto final. En ese momento anotar la presión que registra el manómetro.	

Este artículo está basado en las siguientes publicaciones:

FERREYRA E R., SELLES V G., y LEMUS S G. 2002. Efecto del estrés hídrico, durante la fase II de crecimiento del fruto del duraznero cv kakamas, en el rendimiento y estado hídrico de las plantas. Agricultura Técnica (En prensa)

FERREYRA E R., SELLES V. G., PERALTA A J., BURGOS R J., y VALENZUELA B J 2002. Efectos de la restricción del riego en distintos periodos de desarrollo de la vid cv. Cabernet Sauvignon sobre producción y calidad del vino. Agricultura Técnica (En Prensa)

FERREYRA E.R; SELLES V.G Y SELLES M.I 2001. Riego deficitario controlado en Nogales, estrategia de riego para enfrentar situaciones de escasez de agua en frutales Boletín INIA N° 58, 36 p.

FERREYRA E.R; SELLES V.G Y SELLES M.I 2001. Riego deficitario controlado en Uva de mesa, estrategia de riego para enfrentar situaciones de escasez de agua en frutales Boletín INIA N° 60, 44 p.

FERREYRA E.R; SELLES V.G Y SELLES M.I 2001. Riego deficitario controlado en Olivo, estrategia de riego para enfrentar situaciones de escasez de agua en frutales Boletín INIA N° 59, 48 p.

MCCUTCHAN AND SHACKEL, K 1992. Stem-water potential as a sensitive indicator of water stress in prune trees (*Prunus domestica* L. cv. French). Journal of the American Society for Horticultural Science 117(4):607-611

SHACKEL K et al. 1997. Plant water status as an index of irrigation need in deciduous fruit trees. HortTechnology 7(1):23-29

SHACKEL K 2000. Using the pressure chamber to Monitor and Manage Irrigation in Prunes. Fuit nut research information center. Crop Information <http://fruitsandnuts.ucdavis.edu/prune-pressure.html>

SHACKEL K 2001. The Pressure Chamber, a.k.a. "The Bomb". Fuit nut research information center. Crop Information <http://fruitsandnuts.ucdavis.edu/pressure-chamber.html>